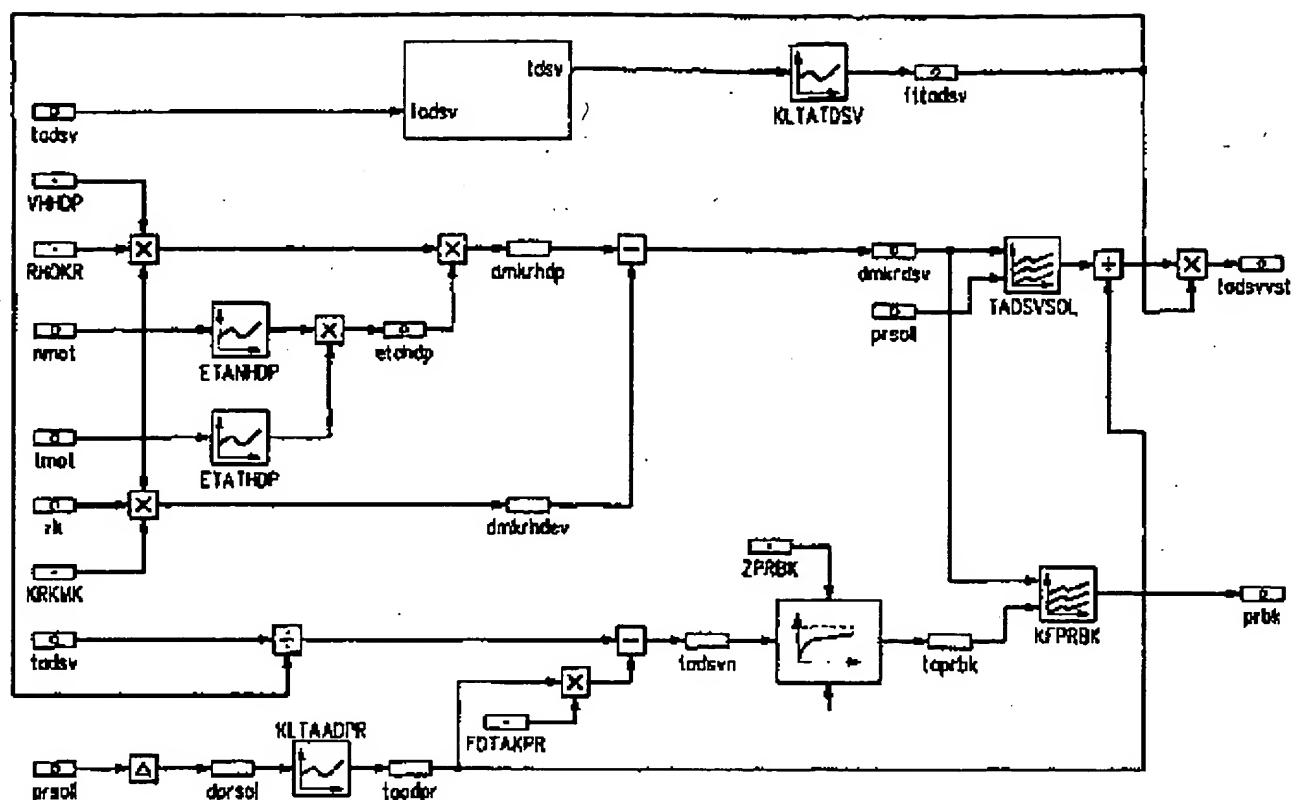


AN: PAT 2002-208326  
TI: Method, for regulating accumulator pressure on fuel supply system in direct injection heat engine, comprises use of preliminary command which uses the electric signal to relief valve and the pressure in the accumulator  
PN: FR2807475-A1  
PD: 12.10.2001  
AB: NOVELTY - The pressure in the fuel supply accumulator is regulated by a valve which releases fuel to a low pressure zone. The electrical signal (tadsvvt) to the valve and the stored pressure (prbk) are used as the preliminary command and are derived from data such as high pressure flow (VHHDP) and fuel density (RHOKR). Stored relationships between valve flow, electric signal and stored pressure (TADSVSOL, KFPRBK) speed up the calculation. DETAILED DESCRIPTION - INDEPENDENT CLAIMS are also included for: (a) control element such as ROM or flash memory; (b) fuel regulating system; (c) direct injection heat engine; (d) control apparatus for heat engine.; USE - For regulating accumulator pressure on fuel supply system in direct injection heat engine. ADVANTAGE - The system provides a simpler, faster and more accurate pressure regulation for the fuel supply accumulator. DESCRIPTION OF DRAWING(S) - The drawing shows the derivation of the parameters used in the preliminary command. Stored pressure prbk Electrical signal to valve tadsvvt Fuel density RHOKR Stored relationships TADSVSOL, KFPRBK High pressure flow VHHDP  
PA: (BOSC ) BOSCH GMBH ROBERT;  
IN: BOCHUM H;  
FA: FR2807475-A1 12.10.2001; **DE10016900**-C2 05.06.2003;  
**DE10016900**-A1 08.11.2001; JP2001349244-A 21.12.2001;  
CO: DE; FR; JP;  
IC: F02D-041/02; F02D-041/38; F02D-045/00; F02M-055/02;  
F02M-063/00; F02M-063/02;  
MC: X22-A03A1; X22-A03A3;  
DC: Q52; Q53; X22;  
FN: 2002208326.gif  
PR: DE1016900 05.04.2000;  
FP: 12.10.2001  
UP: 19.06.2003

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**



**THIS PAGE BLANK (USPTO)**



⑮ **BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND**



**DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT**

⑫ **Offenlegungsschrift**  
⑩ **DE 100 16 900 A 1**

⑤ Int. Cl.<sup>7</sup>:  
**F 02 D 41/38**  
F 02 M 63/00

② Aktenzeichen: 100 16 900.7  
③ Anmeldetag: 5. 4. 2000  
④ Offenlegungstag: 8. 11. 2001

**DE 100 16 900 A 1**

⑦ Anmelder:  
Robert Bosch GmbH, 70469 Stuttgart, DE  
  
⑧ Vertreter:  
Dreiss, Fuhlendorf, Steimle & Becker, 70188  
Stuttgart

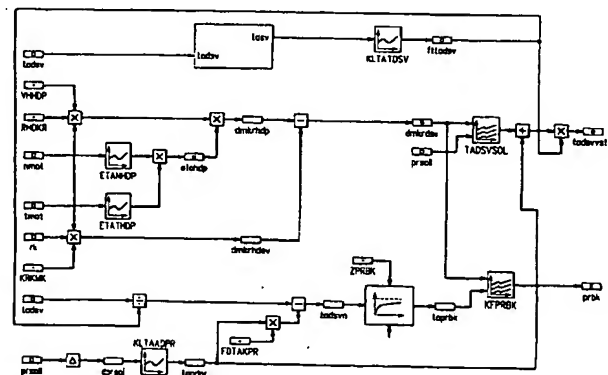
⑦ Erfinder:  
Bochum, Hansjoerg, Dr., 70771  
Leinfelden-Echterdingen, DE

**Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen**

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑤ Verfahren zur Regelung des in einem Druckspeicher eines Kraftstoffzumesssystems herrschenden Speicherdrucks

⑤ Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Regelung des in einem Druckspeicher (6) eines Kraftstoffzumesssystems (1) einer direkteinspritzenden Brennkraftmaschine herrschenden Speicherdrucks ( $p_r$ ) mittels eines elektrisch ansteuerbaren Drucksteuerventils (9), über das zum Abbau des Speicherdrucks ( $p_r$ ) Kraftstoff aus dem Druckspeicher (6) in den Niederdruckbereich des Kraftstoffzumesssystems (1) geführt werden kann. Zur Entlastung der Regelung und somit zur Beschleunigung der Regelung und zur Erhöhung der Genauigkeit der Regelung wird vorgeschlagen, dass der Regelung eine Vorsteuer vorgeschaltet ist, wobei im Rahmen der Vorsteuer in Abhängigkeit von dem Durchfluss ( $dmkrds$ ) durch das Drucksteuerventil (9) und dem Speicherdruck ( $p_r$ ) die elektrische Ansteuerung ( $tadsvst$ ) des Drucksteuerventils (9) bzw. in Abhängigkeit von dem Durchfluss ( $dmkrds$ ) durch das Drucksteuerventil (9) und der elektrischen Ansteuerung ( $taprbk$ ) des Drucksteuerventils (9) der sich in dem Druckspeicher (6) einstellende Speicherdruck ( $p_r$ ) vorzugsweise mittels Kennfeld (TADSVSOL; KFPRBK) ermittelt wird.



**DE 100 16 900 A 1**

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zur Regelung des in einem Druckspeicher eines Kraftstoffzumesssystems einer direkteinspritzenden Brennkraftmaschine herrschenden Speicherdrucks mittels eines elektrisch ansteuerbaren Drucksteuerventils, über das zum Abbau des Speicherdrucks Kraftstoff aus dem Druckspeicher in den Niederdruckbereich des Kraftstoffzumesssystems geführt werden kann. Die Erfindung betrifft außerdem ein Kraftstoffzumesssystem einer direkteinspritzenden Brennkraftmaschine, mit einer Hochdruckpumpe, die Kraftstoff aus dem Niederdruckbereich des Kraftstoffzumesssystems mit Hochdruck in einen Druckspeicher fördert, mit Einspritzventilen, über die Kraftstoff aus dem Druckspeicher in einen Brennraum der Brennkraftmaschine einspritzbar ist, und mit einem elektrisch ansteuerbaren Drucksteuerventil, über das der in dem Druckspeicher herrschende Speicherdruck regelbar ist, indem über das Drucksteuerventil zum Abbau des Speicherdrucks Kraftstoff aus dem Druckspeicher in den Niederdruckbereich des Kraftstoffzumesssystems führbar ist. Die vorliegende Erfindung betrifft des Weiteren eine direkteinspritzende Brennkraftmaschine mit Brennräumen, in die mittels eines Kraftstoffzumesssystems Kraftstoff einspritzbar ist, wobei das Kraftstoffzumesssystem eine Hochdruckpumpe, die Kraftstoff aus dem Niederdruckbereich des Kraftstoffzumesssystems mit Hochdruck in einen Druckspeicher fördert, Einspritzventile, über die Kraftstoff aus dem Druckspeicher in einen Brennraum der Brennkraftmaschine einspritzbar ist, und ein elektrisch ansteuerbares Drucksteuerventil aufweist, über das der in dem Druckspeicher herrschende Speicherdruck regelbar ist, indem über das Drucksteuerventil zum Abbau des Speicherdrucks Kraftstoff aus dem Druckspeicher in den Niederdruckbereich des Kraftstoffzumesssystems führbar ist. Schließlich betrifft die vorliegende Erfindung auch ein Steuergerät für eine solche Brennkraftmaschine.

[0002] Direkteinspritzende Brennkraftmaschinen der eingangs genannten Art mit eingangs erwähnten Kraftstoffzumesssystemen sind aus dem Stand der Technik bekannt. Das Kraftstoffzumesssystem weist eine üblicherweise als Elektrokraftstoffpumpe ausgebildete Vorförderpumpe auf, die Kraftstoff aus einem Kraftstoffvorratsbehälter in einen Niederdruckbereich des Kraftstoffzumesssystems fördert. Eine Hochdruckpumpe des Kraftstoffzumesssystems fördert Kraftstoff aus dem Niederdruckbereich mit Hochdruck in einen Druckspeicher. Der Druckspeicher ist bspw. als die Verteilerleiste eines Common-Rail (CR)-Kraftstoffzumesssystems ausgebildet. Von dem Druckspeicher münden Einspritzventile ab, über die Kraftstoff aus dem Druckspeicher in Brennräume der Brennkraftmaschine eingespritzt werden kann. Die Einspritzventile werden von einem Steuergerät der Brennkraftmaschine angesteuert. Des Weiteren zweigt ein elektrisch ansteuerbares Drucksteuerventil aus dem Druckspeicher ab, über das zum Abbau des in dem Druckspeicher anliegenden Speicherdrucks Kraftstoff aus dem Druckspeicher in den Niederdruckbereich des Kraftstoffzumesssystems geführt werden kann. Über das Drucksteuerventil kann also der in dem Druckspeicher anliegende Speicherdruck geregelt werden. Das Drucksteuerventil wird ebenfalls von dem Steuergerät der Brennkraftmaschine angesteuert.

[0003] Der vorliegenden Erfindung liegt die Aufgabe zu Grunde, die Regelung des in dem Druckspeicher herrschenden Speicherdrucks zu entlasten, um dadurch die Regelung des Speicherdrucks zu beschleunigen und die Genauigkeit

der Regelung zu erhöhen.

[0004] Zur Lösung dieser Aufgabe schlägt die Erfindung ausgehend von dem Verfahren zur Regelung des Speicherdrucks der eingangs genannten Art vor, dass der Regelung eine Vorsteuerung vorgeschaltet ist, wobei im Rahmen der Vorsteuerung in Abhängigkeit von dem Durchfluss durch das Drucksteuerventil und dem Speicherdruck die elektrische Ansteuerung des Drucksteuerventils bzw. in Abhängigkeit von dem Durchfluss durch das Drucksteuerventil und der elektrischen Ansteuerung des Drucksteuerventils der sich in dem Druckspeicher einstellende Speicherdruck vorzugsweise mittels Kennfeld ermittelt wird.

#### Vorteile der Erfindung

[0005] Der vorliegenden Erfindung liegt die Erkenntnis zu Grunde, dass das Drucksteuerventil einen eindeutigen proportionalen Zusammenhang zwischen dem Durchfluss durch das Drucksteuerventil, der elektrischen Ansteuerung des Drucksteuerventils und dem sich in dem Druckspeicher einstellenden Speicherdruck aufweist. Dieser Zusammenhang kann in einem Kennfeld abgelegt werden, aus dem sich dann jeweils in Kenntnis von zwei Größen die dritte Größe ermitteln lässt. Dieses Kennfeld mit dem darin abgelegten Wissen über den Zusammenhang zwischen den drei Größen Durchfluss durch das Drucksteuerventil, elektrische Ansteuerung des Drucksteuerventils und Speicherdruck, wird erfindungsgemäß für eine Vorsteuerung herangezogen, mit deren Hilfe der Regelhub der nachgeordneten Regelung des Speicherdrucks verringert wird. Dadurch kann die Regelung deutlich beschleunigt und die Genauigkeit der Regelung erhöht werden.

[0006] Gemäß einer vorteilhaften Weiterbildung der vorliegenden Erfindung wird vorgeschlagen, dass der Durchfluss durch das Drucksteuerventil aus der Differenz der von einer Hochdruckpumpe des Kraftstoffzumesssystems in den Druckspeicher geförderten Kraftstoffmasse und der über Einspritzventile des Kraftstoffzumesssystems in Brennräume der Brennkraftmaschine eingespritzten Kraftstoffmasse ermittelt wird. Mit Hilfe dieser Massenbilanz kann der Durchfluss durch das Drucksteuerventil einfach und genau modelliert werden. Die von der Hochdruckpumpe geförderte Kraftstoffmasse ergibt sich aus dem Produkt des Hubvolumens der Hochdruckpumpe, der Drehzahl der Brennkraftmaschine, der Dichte des Kraftstoffs, eines drehzahlabhängigen Wirkungsgrades und eines temperaturabhängigen Wirkungsgrades. Die über die Einspritzventile aus dem Druckspeicher abfließende Kraftstoffmasse ergibt sich aus dem Produkt der Drehzahl der Brennkraftmaschine, der zur Erreichung des Solldrehmoments erforderlichen Kraftstoffmasse und eines Kalibrierfaktors. Die zur Erreichung des Solldrehmoments erforderliche Kraftstoffmasse ist eine dimensionslose Größe, die als "relativer Kraftstoff"  $r_k$  bezeichnet wird.

[0007] Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung wird vorgeschlagen, dass zur Ermittlung der elektrischen Ansteuerung des Drucksteuerventils als Speicherdruck der Solldruck der Regelung herangezogen wird. Der Solldruck der Regelung wird zusammen mit dem Durchfluss durch das Drucksteuerventil dem Kennfeld zugeführt, aus dem sich dann der entsprechende Wert der elektrischen Ansteuerung des Drucksteuerventils ergibt. Das Drucksteuerventil wird mit diesem im Rahmen der Vorsteuerung ermittelten Wert der elektrischen Ansteuerung angesteuert. Die nachgeordnete Regelung muss nur noch die geringen Abweichungen von diesem vorgesteuerten Wert der elektrischen Ansteuerung kompensieren.

[0008] Gemäß einer anderen bevorzugten Ausführungs-

form der vorliegenden Erfindung wird vorgeschlagen, dass zur Ermittlung des sich einstellenden Speicherdrucks als elektrische Ansteuerung des Drucksteuerventils eine sich mit der Regelung des Speicherdrucks tatsächlich einstellende Ansteuerung herangezogen wird. Diese Ansteuerung stellt sich im Rahmen der Regelung des Speicherdrucks ein und wird als elektrische Ansteuerung zur Ermittlung des sich einstellenden Speicherdrucks herangezogen. Bei einer Änderung des in dem Druckspeicher anliegende Speicherdrucks ist für eine kurze Zeit eine erhöhte bzw. verringerte Ansteuerung des Drucksteuerventils notwendig, die sich nicht unmittelbar in einer Druckänderung auswirkt. Deshalb muss ein bestimmter Anteil der Ansteuerung von dem zur Druckberechnung verwendeten Tastverhältnis abgezogen werden.

[0009] Gemäß einer besonders vorteilhaften Weiterbildung der vorliegenden Erfindung wird vorgeschlagen, dass die Temperatur des Drucksteuerventils ermittelt und bei der Ermittlung der elektrischen Ansteuerung des Drucksteuerventils bzw. des sich in dem Druckspeicher einstellenden Speicherdrucks berücksichtigt wird. Das Drucksteuerventil wird in der Regel über eine Magnetspule gesteuert, deren Widerstand temperaturabhängig ist. Somit ist auch die effektive elektrische Ansteuerung temperaturabhängig. Deshalb wird die Temperatur des Drucksteuerventils ermittelt und über einen Korrekturfaktor in die Ermittlung der elektrischen Ansteuerung bzw. des Speicherdrucks eingerechnet.

[0010] Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung wird vorgeschlagen, dass die Temperatur des Drucksteuerventils aus der Temperatur der Brennkraftmaschine, der Temperatur der Umgebungsluft, der Ansteuerung des Drucksteuerventils und/oder der Geschwindigkeit eines mit der Brennkraftmaschine angetriebenen Kraftfahrzeugs modelliert wird. Statt der Temperatur der Umgebungsluft kann auch die Temperatur der Ansaugluft herangezogen werden, die einen guten Näherungswert für die Temperatur der Umgebungsluft liefert. Mit zunehmender Geschwindigkeit des Kraftfahrzeugs wird die Brennkraftmaschine stärker gekühlt. Diesem Umstand wird durch die Berücksichtigung der Fahrzeuggeschwindigkeit bei der Modellierung der Temperatur des Drucksteuerventils Rechnung getragen.

[0011] Von besonderer Bedeutung ist die Realisierung des erfindungsgemäßen Verfahrens in der Form eines Steuerelements, das für ein Steuergerät einer direkteinspritzenden Brennkraftmaschine vorgesehen ist. Dabei ist auf dem Steuerelement ein Programm abgespeichert, das auf einem Rechenggerät, insbesondere auf einem Mikroprozessor, ablauffähig und zur Ausführung des erfindungsgemäßen Verfahrens geeignet ist. In diesem Fall wird also die Erfindung durch ein auf dem Steuerelement abgespeichertes Programm realisiert, so dass dieses mit dem Programm versehene Steuerelement in gleicher Weise die Erfindung darstellt wie das Verfahren, zu dessen Ausführung das Programm geeignet ist. Als Steuerelement kann insbesondere ein elektrisches Speichermedium zur Anwendung kommen, bspw. ein Read-Only-Memory (ROM) oder ein Flash-Memory.

[0012] Als eine weitere Lösung der Aufgabe der vorliegenden Erfindung wird ausgehend von dem Kraftstoffzumesssystem der eingangs genannten Art vorgeschlagen, dass der Regelung eine Vorsteuerung vorgeschaltet ist, wobei im Rahmen der Vorsteuerung in Abhängigkeit von dem Durchfluss durch das Drucksteuerventil und dem Speicherdruck die elektrische Ansteuerung des Drucksteuerventils bzw. in Abhängigkeit von dem Durchfluss durch das Drucksteuerventil und der elektrischen Ansteuerung des Drucksteuerventils der sich einstellende Speicherdruck vorzugsweise mittels Kennfeld ermittelbar ist.

[0013] Des Weiteren wird als eine Lösung der Aufgabe der vorliegenden Erfindung ausgehend von der direkteinspritzenden Brennkraftmaschine der eingangs genannten Art vorgeschlagen, dass der Regelung eine Vorsteuerung vorgeschaltet ist, wobei im Rahmen der Vorsteuerung in Abhängigkeit von dem Durchfluss durch das Drucksteuerventil und dem Speicherdruck die elektrische Ansteuerung des Drucksteuerventils bzw. in Abhängigkeit von dem Durchfluss durch das Drucksteuerventil und der elektrischen Ansteuerung des Drucksteuerventils der sich einstellende Speicherdruck vorzugsweise mittels Kennfeld ermittelbar ist.

[0014] Schließlich wird als eine weitere Lösung der Aufgabe der vorliegenden Erfindung ausgehend von dem Steuergerät für eine direkteinspritzende Brennkraftmaschine der eingangs genannten Art vorgeschlagen, dass das Steuergerät eine der Regelung vorgeschaltete Vorsteuerung aufweist, wobei im Rahmen der Vorsteuerung in Abhängigkeit von dem Durchfluss durch das Drucksteuerventil und dem Speicherdruck die elektrische Ansteuerung des Drucksteuerventils bzw. in Abhängigkeit von dem Durchfluss durch das Drucksteuerventil und der elektrischen Ansteuerung des Drucksteuerventils der sich einstellende Speicherdruck vorzugsweise mittels Kennfeld ermittelbar ist.

[0015] Weitere Merkmale, Anwendungsmöglichkeiten und Vorteile der Erfindung ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung von Ausführungsbeispielen der Erfindung, die in der Zeichnung dargestellt sind. Dabei bilden alle beschriebenen oder dargestellten Merkmale für sich oder in beliebiger Kombination den Gegenstand der Erfindung, unabhängig von ihrer Zusammenfassung in den Patentansprüchen oder deren Rückbeziehung sowie unabhängig von ihrer Formulierung bzw. Darstellung in der Beschreibung bzw. in der Zeichnung. Es zeigen:

[0016] Fig. 1 ein erfindungsgemäßes Kraftstoffzumesssystem einer direkteinspritzenden Brennkraftmaschine gemäß einer bevorzugten Ausführungsform; und

[0017] Fig. 2 ein Funktionsdiagramm eines erfindungsgemäßen Verfahrens zur Regelung eines Speicherdrucks gemäß einer bevorzugten Ausführungsform.

[0018] In Fig. 1 ist ein erfindungsgemäßes Kraftstoffzumesssystem einer direkteinspritzenden Brennkraftmaschine mit Hochdruckeinspritzung in seiner Gesamtheit mit dem Bezugszeichen 1 bezeichnet. Das Kraftstoffzumesssystem 1 ist als ein Common-Rail (CR)-Kraftstoffzumesssystem ausgebildet.

[0019] Mit dem Bezugszeichen 2 ist ein Kraftstoffvorratsbehälter bezeichnet, der mit einer Vorförderpumpe 3 in Verbindung steht. Die Vorförderpumpe 3 ist bspw. als eine Elektrokraftstoffpumpe ausgebildet. Von der Vorförderpumpe 3 gelangt der Kraftstoff über eine Leitung 4 zu einer Hochdruckpumpe 5. Die Hochdruckpumpe 5 steht mit einem Hochdruckspeicher 6 in Verbindung. Der Hochdruckspeicher 6 ist als eine Hochdruckspeicherleitung (Rail) ausgebildet. Der Hochdruckspeicher 6 steht über Kraftstoffleitungen 7 mit Hochdruckeinspritzventilen 8 (sog. Injektoren) in Verbindung. Der Hochdruckspeicher 6 steht über ein Drucksteuerventil 9 mit dem Niederdruckbereich des Kraftstoffzumesssystems 1, im vorliegenden Ausführungsbeispiel mit dem Kraftstoffvorratsbehälter 2 in Verbindung. Das Drucksteuerventil 9 ist als ein Proportionalventil ausgebildet, das mittels einer Magnetspule 12 betätigbar ist.

[0020] Der Bereich des Kraftstoffzumesssystems 1 zwischen dem Ausgang der Hochdruckpumpe 5 und dem Eingang des Drucksteuerventils 9 wird als Hochdruckbereich bezeichnet. Der Druck in dem Hochdruckbereich wird mittels eines Drucksensors 10 erfasst. Der Bereich des Kraftstoffzumesssystems 1 zwischen dem Kraftstoffvorratsbehälter 2 und der Hochdruckpumpe 5 wird als Niederdruckbe-

reich bezeichnet.

[0021] Mit dem Bezugszeichen 11 ist ein Steuergerät der Brennkraftmaschine bezeichnet, das auf das Kraftstoffzumesssystem 1 steuert bzw. regelt. Das Steuergerät 11 beaufschlagt die Hochdruckeinspritzventile 8 mit Ansteuersignalen A und steuert eine Magnetspule 12 des Drucksteuerventils 9 an. Hierzu wird das Ausgangssignal  $p_r$  der Drucksensoren 10 und verschiedene Ausgangssignale n von weiteren Sensoren 13, wie bspw. eines Drehzahlsensors, ausgewertet. [0022] Das Steuergerät 11 umfasst auch die Regelung des in dem Hochdruckspeicher 6 herrschenden Speicherdrucks  $p_r$ . Der Speicherdruck  $p_r$  wird dadurch erhöht, dass die Hochdruckpumpe 5 ständig Kraftstoff in den Hochdruckspeicher 6 fördert. Zum Abbau des Speicherdrucks  $p_r$  kann über das Drucksteuerventil 9 Kraftstoff aus dem Hochdruckspeicher 6 in den Niederdruckbereich des Kraftstoffzumesssystems 1 geführt werden. Erfindungsgemäß weist das Steuergerät 11 eine der Regelung vorgeschaltete Vorsteuerung auf. Dadurch kann der Regelhub entscheidend verringert werden, was zu einer Beschleunigung der Regelung und zu einer Erhöhung der Genauigkeit der Regelung führt.

[0023] In Fig. 2 ist die Vorsteuerung des erfindungsgemäßen Verfahrens zur Regelung des Speicherdrucks  $p_r$  im Ausschnitt dargestellt. Die erfindungsgemäße Vorsteuerung macht sich den Umstand zunutze, dass das Drucksteuerventil 9 einen eindeutigen proportionalen Zusammenhang zwischen dem Durchfluss  $dmkrds$  durch das Drucksteuerventil 9, der elektrischen Ansteuerung  $tadsvst$  des Drucksteuerventils 9 und dem sich in dem Hochdruckspeicher 6 einstellenden Speicherdruck  $p_r$  aufweist. Dieser Zusammenhang kann in einem Kennfeld abgelegt werden. Mit Kenntnis von jeweils zwei Größen lässt sich aus diesem Kennfeld die dritte Größe ermitteln.

[0024] Als Ausgangsgrößen der Vorsteuerung kann Fig. 2 die elektrische Ansteuerung  $tadsvst$  des Drucksteuerventils 9 und der sich in dem Hochdruckspeicher 6 einstellende Speicherdruck  $prbk$  entnommen werden. Zur Ermittlung beider Ausgangsgrößen wird der Durchfluss  $dmkrds$  durch das Drucksteuerventil 9 herangezogen. Dieser wird aus der Differenz der von der Hochdruckpumpe 5 in den Hochdruckspeicher 6 geförderten Kraftstoffmasse  $dmkrhdp$  und der über die Hochdruckeinspritzventile 8 in die Brennräume der Brennkraftmaschine eingespritzten Kraftstoffmasse  $dmkrhdev$  modelliert.

[0025] Die über die Hochdruckpumpe 5 zugeführte Kraftstoffmasse  $dmkrhdp$  ergibt sich aus dem Produkt des Hubvolumens  $VHHD$  der Hochdruckpumpe 5, der Dichte  $RHOKR$  des Kraftstoffs, der Drehzahl  $n$  und der Brennkraftmaschine, eines drehzahlabhängigen Wirkungsgrads  $ETANHDP$  und eines temperaturabhängigen Wirkungsgrads  $ETATHDP$  der Hochdruckpumpe 5. Die über die Hochdruckeinspritzventile 8 abschließende Kraftstoffmasse  $dmkrhdev$  ergibt sich aus dem Produkt der Drehzahl  $n$  und der Brennkraftmaschine, einer dimensionslosen Größe  $rk$  und eines Kalibrierfaktors  $KRKMK$ . Die dimensionslose Größe  $rk$  wird als "relativer Kraftstoff" bezeichnet und ist proportional zu der in die Brennraum einzuspritzenden Kraftstoffmasse, um das Solldrehmoment zu erreichen.

[0026] Zur Ermittlung der elektrischen Ansteuerung  $tadsvst$  des Drucksteuerventils 9 wird der Solldruck  $psoll$  der Regelung als Speicherdruck  $p_r$  herangezogen.

[0027] Zur Ermittlung des sich einstellenden Speicherdrucks  $prbk$  wird eine sich mit der Regelung des Speicherdrucks  $p_r$  tatsächlich einstellende Ansteuerung  $taprbk$  als elektrische Ansteuerung herangezogen. Bei einer Änderung des Speicherdrucks  $p_r$  ist für eine kurze Zeit eine erhöhte bzw. verringerte Ansteuerung notwendig. Bei einer Ände-

rung des in dem Druckspeicher anliegende Speicherdrucks  $p_r$  ist für eine kurze Zeit eine erhöhte bzw. verringerte Ansteuerung des Drucksteuerventils 9 notwendig, die sich nicht unmittelbar in einer Druckänderung auswirkt. Deshalb muss ein bestimmter Anteil der Ansteuerung von dem zur Druckberechnung verwendeten Tastverhältnis  $tadsv$  abgezogen werden. Die Ermittlung des sich einstellenden Speicherdrucks  $prbk$  geschieht abhängig von dem Gradienten  $dpsol$  des Solldrucks  $psoll$  über eine additive Größe  $taadpr$ . Alternativ wäre auch eine multiplikative Größe denkbar. Das Drucksteuerventil 9 wird also mit einer zusätzlichen Ansteuerung beaufschlagt, um eine Druckänderung des Speicherdrucks  $p_r$  hervorzurufen.

[0028] Das System bestehend aus dem Hochdruckspeicher 6 und der Regelung hat eine verzögerte Systemreaktion. Um dieser Verzögerung Rechnung zu tragen, ist in dem Zweig der Vorsteuerung zur Modellierung der elektrischen Ansteuerung  $taprbk$  ein Filter angeordnet.

[0029] Der Widerstand der Magnetspule 12 des Drucksteuerventils 9 und damit auch die effektive elektrische Ansteuerung ist temperaturabhängig. Deshalb wird im Rahmen der Vorsteuerung die Temperatur  $tdsv$  des Drucksteuerventils 9 modelliert und über einen Korrekturfaktor  $ftadsv$  bei der elektrischen Ansteuerung  $tadsv$  bzw.  $tadsvst$  berücksichtigt. Die Modellierung der Temperatur  $tdsv$  des Drucksteuerventils 9 erfolgt unter Berücksichtigung der Temperatur der Brennkraftmaschine, der Temperatur der Umgebungsluft (ersatzweise der Temperatur der Ansaugluft), der elektrischen Ansteuerung  $tadsv$  und der Geschwindigkeit des Kraftfahrzeugs, das von der Brennkraftmaschine angetrieben wird.

[0030] Im Rahmen der Vorsteuerung werden die modellierten Größen  $dmkrds$  und  $psoll$  bzw.  $dmkrds$  und  $taprbk$  einem entsprechenden Kennfeld  $TADSVSOL$  bzw.  $KFPRBK$  zugeführt, denen dann die Ausgangsgröße der elektrischen Ansteuerung  $tadsvst$  des Drucksteuerventils 9 bzw. des sich in dem Hochdruckspeicher 6 einstellenden Speicherdrucks  $prbk$  der Vorsteuerung entnommen werden können.

#### Patentsprüche

1. Verfahren zur Regelung des in einem Druckspeicher (6) des Kraftstoffzumesssystems (1) einer direkt einspritzenden Brennkraftmaschine herrschenden Speicherdrucks ( $p_r$ ) mittels eines elektrisch ansteuerbaren Drucksteuerventils (9), über das zum Abbau des Speicherdrucks ( $p_r$ ) Kraftstoff aus dem Druckspeicher (6) in den Niederdruckbereich des Kraftstoffzumesssystems (1) geführt werden kann, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Regelung eine Vorsteuerung vorgeschaltet ist, wobei im Rahmen der Vorsteuerung in Abhängigkeit von dem Durchfluss ( $dmkrds$ ) durch das Drucksteuerventil (9) und dem Speicherdruck ( $p_r$ ) die elektrische Ansteuerung ( $tadsvst$ ) des Drucksteuerventils (9) bzw. in Abhängigkeit von dem Durchfluss ( $dmkrds$ ) durch das Drucksteuerventil (9) und der elektrischen Ansteuerung ( $taprbk$ ) des Drucksteuerventils (9) der sich in dem Druckspeicher (6) einstellende Speicherdruck ( $p_r$ ) ermittelt wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der sich in dem Druckspeicher (6) einstellende Speicherdruck ( $p_r$ ) mittels Kennfeld ( $TADSVSOL$ ;  $KFPRBK$ ) ermittelt wird.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass der Durchfluss ( $dmkrds$ ) durch das Drucksteuerventil (9) aus der Differenz der von einer Hochdruckpumpe (5) des Kraftstoffzumesssystems (1)



in den Druckspeicher (6) geförderten Kraftstoffmasse (dmkrhdp) und der über Einspritzventile (8) des Kraftstoffzumesssystems (1) in Brennräume der Brennkraftmaschine eingespritzten Kraftstoffmasse (dmkrhdev) ermittelt wird.

4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass zur Ermittlung der elektrischen Ansteuerung (tadsvvst) des Drucksteuerventils (9) als Speicherdruck (p\_r) der Solldruck (prsoll) der Regelung herangezogen wird.

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass zur Ermittlung des sich einstellenden Speicherdrucks (p\_r) als elektrische Ansteuerung eine sich mit der Regelung des Speicherdrucks tatsächlich einstellende Ansteuerung (taprbk) herangezogen wird.

6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass die Temperatur (tdsv) des Drucksteuerventils (9) ermittelt wird und bei der Ermittlung der elektrischen Ansteuerung (tadsvvst) des Drucksteuerventils bzw. des sich in dem Druckspeicher (6) einstellenden Speicherdrucks (p\_r) berücksichtigt wird.

7. Verfahren nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass die Temperatur (tdsv) des Drucksteuerventils (9) aus der Temperatur der Brennkraftmaschine, der Temperatur der Umgebungsluft, der Ansteuerung (tadsv) des Drucksteuerventils (9) und/oder der Geschwindigkeit eines mit der Brennkraftmaschine angetriebenen Kraftfahrzeugs modelliert wird.

8. Steuerelement, insbesondere Read-Only-Memory (ROM) oder Flash-Memory, für ein Steuergerät (11) einer direkteinspritzenden Brennkraftmaschine, auf dem ein Programm abgespeichert ist, das auf einem Rechnergerät, insbesondere auf einem Mikroprozessor, ablauffähig und zur Ausführung eines Verfahrens nach einem der vorangehenden Ansprüche geeignet ist.

9. Kraftstoffzumesssystem (1) einer direkteinspritzenden Brennkraftmaschine, mit einer Hochdruckpumpe (5), die Kraftstoff aus dem Niederdruckbereich des Kraftstoffzumesssystems (1) mit Hochdruck in einen Druckspeicher (6) fördert, mit Einspritzventilen (8), über die Kraftstoff aus dem Druckspeicher (6) in einen Brennraum der Brennkraftmaschine einspritzbar ist, und mit einem elektrisch ansteuerbaren Drucksteuerventil (9), über das der in dem Druckspeicher (6) herrschende Speicherdruck (p\_r) regelbar ist, indem über das Drucksteuerventil (9) zum Abbau des Speicherdrucks (p\_r) Kraftstoff aus dem Druckspeicher (6) in den Niederdruckbereich des Kraftstoffzumesssystems (1) führbar ist, dadurch gekennzeichnet, dass der Regelung eine Vorsteuerung vorgeschaltet ist, wobei im Rahmen der Vorsteuerung in Abhängigkeit von dem Durchfluss (dmkrds) durch das Drucksteuerventil (9) und dem Speicherdruck (p\_r) die elektrische Ansteuerung (tadsvvst) des Drucksteuerventils (9) bzw. in Abhängigkeit von dem Durchfluss (dmkrds) durch das Drucksteuerventil (9) und der elektrischen Ansteuerung (taprbk) des Drucksteuerventils (9) der sich einstellende Speicherdruck (p\_r) ermittelbar ist.

10. Kraftstoffzumesssystem nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, dass der sich einstellende Speicherdruck (p\_r) mittels Kennfeld (TADSVSOL; KFPRBK) ermittelbar ist.

11. Direkteinspritzende Brennkraftmaschine mit Brennräumen, in die mittels eines Kraftstoffzumesssystems (1) Kraftstoff einspritzbar ist, wobei das Kraftstoffzumesssystem (1) eine Hochdruckpumpe (5), die

Kraftstoff aus dem Niederdruckbereich des Kraftstoffzumesssystems (1) mit Hochdruck in einen Druckspeicher (6) fördert, Einspritzventile (8), über die Kraftstoff aus dem Druckspeicher (6) in einen Brennraum der Brennkraftmaschine einspritzbar ist, und ein elektrisch ansteuerbares Drucksteuerventil (9) aufweist, über das der in dem Druckspeicher (6) herrschende Speicherdruck (p\_r) regelbar ist, indem über das Drucksteuerventil (9) zum Abbau des Speicherdrucks (p\_r) Kraftstoff aus dem Druckspeicher (6) in den Niederdruckbereich des Kraftstoffzumesssystems (1) führbar ist, dadurch gekennzeichnet, dass der Regelung eine Vorsteuerung vorgeschaltet ist, wobei im Rahmen der Vorsteuerung in Abhängigkeit von dem Durchfluss (dmkrds) durch das Drucksteuerventil (9) und dem Speicherdruck (p\_r) die elektrische Ansteuerung (tadsvvst) des Drucksteuerventils (9) bzw. in Abhängigkeit von dem Durchfluss (dmkrds) durch das Drucksteuerventil (9) und der elektrischen Ansteuerung (taprbk) des Drucksteuerventils (9) der sich einstellende Speicherdruck (p\_r) ermittelbar ist.

12. Brennkraftmaschine nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, dass der sich einstellende Speicherdruck (p\_r) mittels Kennfeld (TADSVSOL; KFPRBK) ermittelbar ist.

13. Steuergerät (11) für eine direkteinspritzende Brennkraftmaschine mit Brennräumen, in die mittels eines Kraftstoffzumesssystems (1) Kraftstoff einspritzbar ist, wobei das Kraftstoffzumesssystem (1) eine Hochdruckpumpe (5), die Kraftstoff aus dem Niederdruckbereich des Kraftstoffzumesssystems (1) mit Hochdruck in einen Druckspeicher (6) fördert, und Einspritzventile (8) aufweist, über die Kraftstoff aus dem Druckspeicher (6) in einen Brennraum der Brennkraftmaschine einspritzbar ist, wobei das Steuergerät (11) den in dem Druckspeicher (6) herrschenden Speicherdruck (p\_r) mittels eines elektrisch ansteuerbaren Drucksteuerventils (9) regelt, indem über das Drucksteuerventil (9) zum Abbau des Speicherdrucks (p\_r) Kraftstoff aus dem Druckspeicher (6) in den Niederdruckbereich des Kraftstoffzumesssystems (1) führbar ist, dadurch gekennzeichnet, dass das Steuergerät (11) eine der Regelung vorgeschaltete Vorsteuerung aufweist, wobei im Rahmen der Vorsteuerung in Abhängigkeit von dem Durchfluss (dmkrds) durch das Drucksteuerventil (9) und dem Speicherdruck (p\_r) die elektrische Ansteuerung (tadsvvst) des Drucksteuerventils (9) bzw. in Abhängigkeit von dem Durchfluss (dmkrds) durch das Drucksteuerventil (9) und der elektrischen Ansteuerung (taprbk) des Drucksteuerventils (9) der sich einstellende Speicherdruck (p\_r) ermittelbar ist.

14. Steuergerät nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, dass der sich einstellende Speicherdruck (p\_r) mittels Kennfeld (TADSVSOL; KFPRBK) ermittelbar ist.

---

Hierzu 2 Seite(n) Zeichnungen

---

- Leerseite -

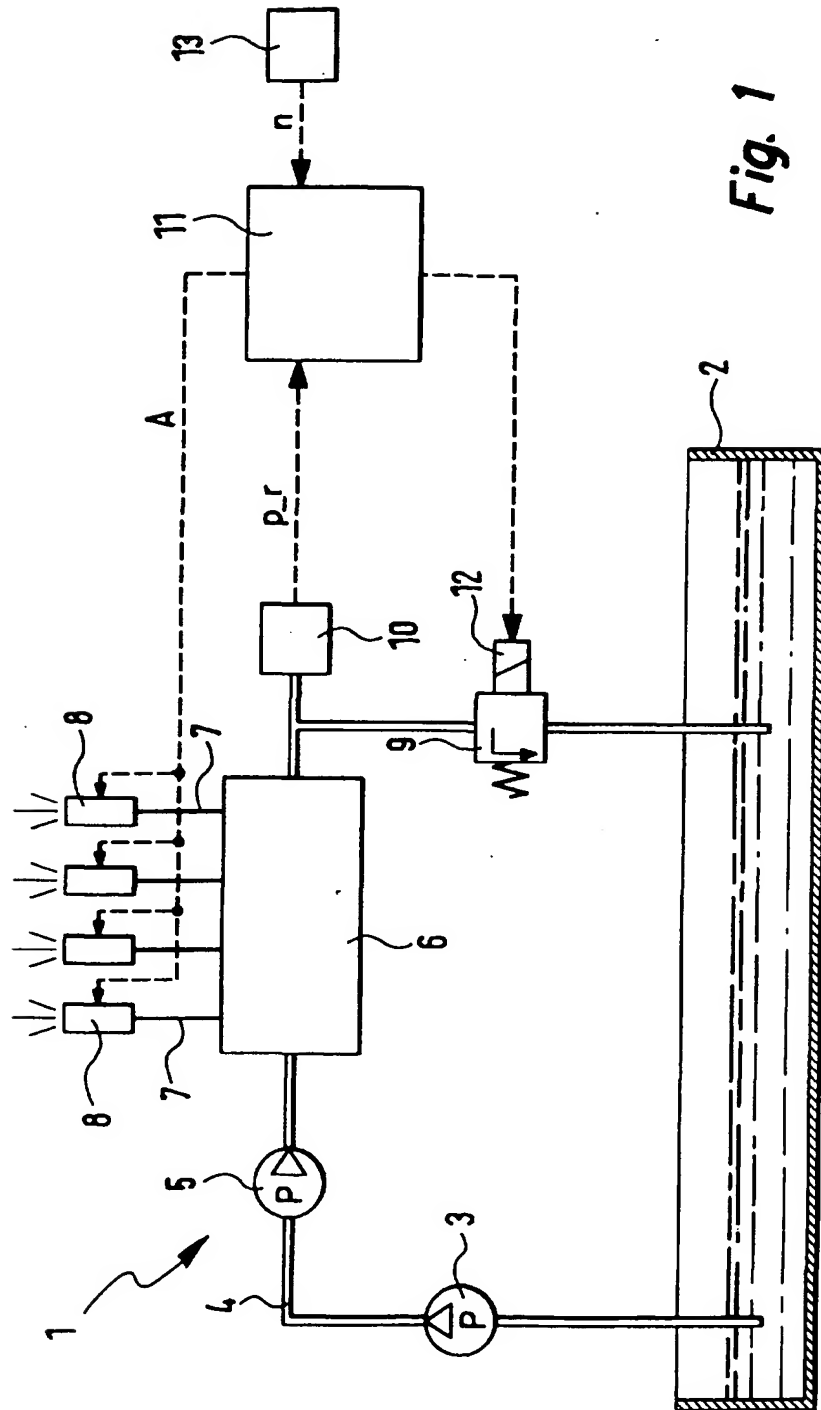


Fig. 1

